

Comprendre / Dossiers / Climat & Catastrophes naturelles

Réalités et Risques du Réchauffement Climatique

le 09/01/2003

Un dossier réalisé par :

Robert Kandel Chercheur et Ecrivain Scientifique - Directeur de Recherche au CNRS - Laboratoire de Météorologie Dynamique - Ecole Polytechnique

Si vous désirez en savoir plus sur la climatologie, les problèmes et les solutions lisez ce dossier très complet et à la portée de tout à chacun.

Sommaire

1 - **Conservation de l'énergie**
2 - **Les incertudes**
3 - **Alors où allons nous ?**
4 - **Quelques complications supplémentaires**
5 - **Le changement climatique du 21è siècle**
6 - **Bibliographie**

On sait que le climat, malgré sa très grande complexité, obéit nécessairement aux lois de la physique. En schématisant, on peut dégager un certain nombre de faits.

1°) Conservation de l'énergie :

- **Le Soleil :**

Le flux de rayonnement venant du Soleil - principalement de la lumière visible et du rayonnement du proche infrarouge - chauffe la Terre. Le climat en dépend. Toutefois, ce flux énergétique venant du Soleil (342 Watts par mètre carré en moyenne sur toute la surface du globe) n'a que très peu varié (±0,1% avec le cycle de 11 ans, selon les mesures satellitales) depuis 1970. Et avant 1970 ? Selon la théorie de la structure interne et l'évolution du Soleil, la luminosité de notre étoile aurait augmenté sensiblement (40% ?) au cours des derniers 4 milliards d'années. Mais la théorie ne permet pas encore de dire si elle a pu varier de ±0,5% sur des échelles de temps allant de plusieurs décennies à quelques millénaires ; les mesures non plus.

A noter que le flux de chaleur venant de l'intérieur de la Terre (0,1 Watt par mètre carré en moyenne) est négligeable à côté. A noter aussi que le Soleil n'est en rien affecté par tout de ce qui peut se passer sur Terre. Quant à l'activité solaire (cycle de 11 ans des taches, cycle magnétique de 22 ans, autres variations du champ magnétique, du vent solaire, de la

VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

chromosphère et de la couronne), elle agit sans aucun doute sur la haute atmosphère de la Terre, mais elle affecte peu l'irradiation intégrée sur le spectre, et je considère que son influence sur le climat n'est pas démontrée.

- **Que devient le flux d'énergie solaire ?**

Une fraction de ce flux de rayonnement, **environ 30%, est réfléchie et diffusée vers l'espace.** Ces 30%, à peu près 102 Watts par mètre carré en moyenne, ne contribuent pas au réchauffement de la Terre. C'est ce que j'appelle l'effet parasol.

La fraction (70%) du flux de rayonnement qui reste est absorbée, en grande partie à la surface du globe, en partie aussi dans l'atmosphère. Cela fait un flux énergétique de 240 Watts par mètre carré en moyenne, continuellement converti en chaleur. La Terre doit se débarrasser de cet apport permanent de chaleur. Le seul moyen possible est l'émission de rayonnement infrarouge moyen vers l'espace. Toutefois, l'évasion de ce rayonnement vers l'espace, à partir de la surface, est entravée par l'atmosphère. Ses couches sont partiellement opaques à ce rayonnement infrarouge thermique (longueurs d'onde de 4 à 50 micromètres). Elles absorbent une grande partie du rayonnement montant, le ré-émettant à la fois vers le bas et vers le haut. Cela fait que la température proche du sol atteint +15° C en moyenne sur le globe, plus "confortable" que la température de -18°C qui régnerait sans cet effet de serre.

- **Toute action sur l'effet de serre ou l'effet parasol affecte le climat.**

Or, l'effet de serre dépend de gaz qui ne constituent aujourd'hui qu'une petite fraction de l'atmosphère : surtout de la vapeur d'eau (H2O), et du dioxyde de carbone (CO2). Il dépend aussi des nuages, qui sont des collections de gouttelettes d'eau liquide ou de cristaux de glace, constituant beaucoup moins de 0,1% de l'atmosphère. D'autres gaz faits de molécules contenant au moins trois atomes peuvent également contribuer à l'effet de serre. Depuis 1900, les activités humaines ont sensiblement accru la concentration de CO2 dans l'atmosphère, ainsi que celles de quelques autres gaz à effet de serre, notamment le méthane (CH4), le protoxyde d'azote (N2O), et les CFC.

Quant à l'effet parasol, il dépend certes des molécules de l'air (la diffusion Rayleigh, qui donne le ciel bleu) et des surfaces les plus claires (notamment les neiges, les glaces, les déserts), mais il dépend surtout des nuages, et il peut varier en fonction des autres particules en suspension dans l'air (les aérosols). Les activités humaines peuvent perturber l'effet parasol par la production d'aérosols liée à la pollution, et par les modifications de l'utilisation des sols.

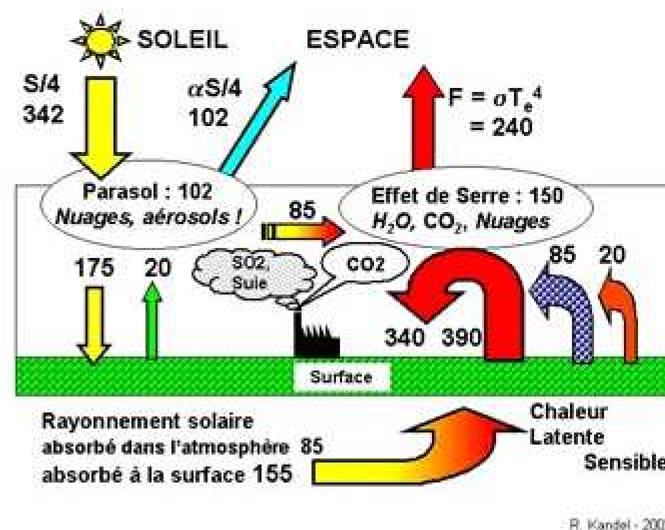


Fig. 1 – **Les flux énergétiques (en watts par mètre carré, moyennés sur le globe) et leurs transformations.** Il faut aussi tenir compte des flux non radiatifs d'énergie. Le flux de chaleur latente (LE = 85 Wm-2 de la surface vers l'atmosphère) correspond à l'évaporation E de l'eau à la surface du globe, et sa condensation dans l'atmosphère (essentiellement dans les nuages). Exprimé en termes énergétiques, ce flux est bien plus faible que les flux de rayonnement, mais l'eau de l'atmosphère joue un rôle central, à la fois pour l'effet parasol (de par les nuages) et pour l'effet de serre ; et aussi, bien sûr, pour les précipitations (P=E). Moins important mais non négligeable, le flux de chaleur sensible (20 Wm-2) correspond aux transferts de chaleur de la surface vers l'atmosphère par convection (de l'air chaud qui monte, de l'air froid qui descend).

2°) Les incertitudes :

Si l'on agit sur l'effet de serre, sur l'effet parasol ou sur les deux, perturbant l'état climatique, quelles seront les rétroactions du cycle de l'eau sur l'effet parasol (nuages, aérosols) et sur l'effet de serre (vapeur d'eau atmosphérique et nuages) ?

Plus précisément, si l'augmentation de la concentration atmosphérique de CO_2 entraîne un réchauffement de la surface et de certaines couches atmosphériques, le taux d'évaporation peut changer, l'humidité atmosphérique aussi, modifiant la contribution des molécules H_2O à l'effet de serre. Mais la condensation de l'eau dans l'atmosphère changera aussi, d'où des modifications dans l'étendue et les propriétés des nuages, affectant à la fois l'effet parasol et l'effet de serre, et aussi, bien sûr, la répartition des pluies et des neiges.

Globalement, il faut P = E pour conserver l'eau. Mais pour représenter le cycle de l'eau de façon utile, il faut déjà abandonner le schéma global, et distinguer les terres des océans. Et si de l'eau tombe sur les terres, c'est parce qu'une partie (10%) de l'eau évaporée des océans est transportée dans l'atmosphère vers ces terres au lieu de retomber en mer.

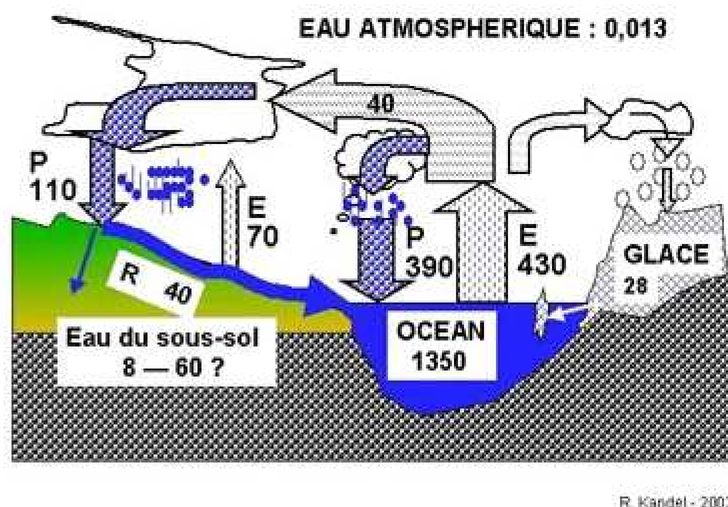


Fig. 2 - **Conservation de l'eau.** Stocks d'eau en millions de milliards de tonnes ; flux d'eau en milliers de milliards de tonnes par an. Il y a l'équivalent d'une couche de 26 mm d'eau liquide présent dans l'atmosphère à chaque instant (beaucoup moins dans les nuages), mais plus de 1000 mm de pluie tombent chaque année.

Fait établi : les activités humaines altèrent l'atmosphère, ajoutant des gaz à effet de serre.

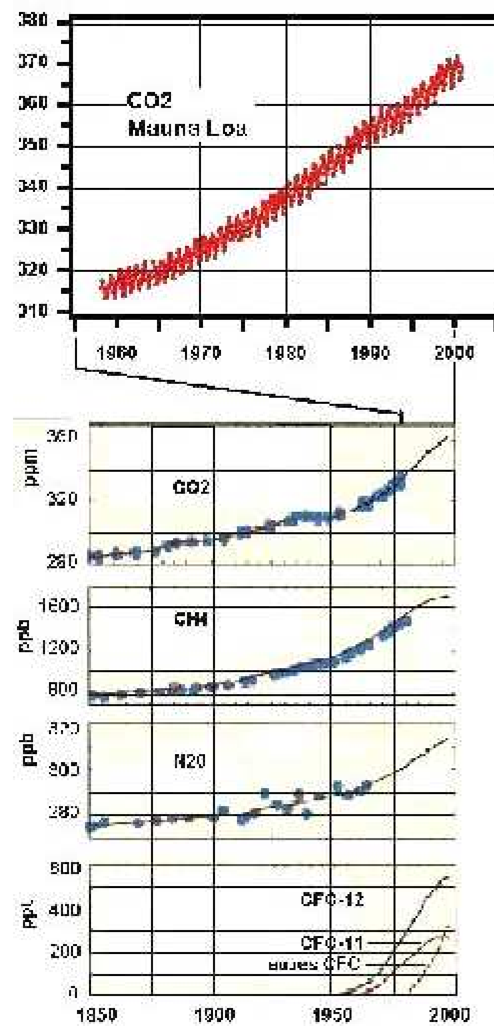


Fig. 3 **L'augmentation des concentrations atmosphériques du dioxyde de carbone et d'autres gaz à effet de serre.** En haut, les mesures de CO2 faites directement au Mauna Loa (Hawaï) depuis 1957. En bas, mesures indirectes avant 1957 (analyses de l'air piégé dans les glaces), plus les mesures directes récentes, pour le CO2 (en ppm), le CH4 et le N2O (en ppb : 1000 ppb = 1 ppm = 0,0001 %), et certains des CFC (en ppt ; 1000 ppt = 1 ppb). Pour le CO2, on est passé d'une concentration de 280 ppm (parties par million) en 1850 à plus de 370 ppm aujourd'hui, essentiellement à cause de la combustion de carburants fossiles.

L'augmentation encore plus spectaculaire du méthane ou CH4 (de 800 à 1700 ppb, soit de 0,8 à 1,7 ppm) résulte de l'expansion de la riziculture (bactéries méthanogènes dans les paddy inondés) et de l'élevage de bovins (fermentation entérique, = rots des vaches).

Pour le N2O, il s'agit de la perturbation du cycle de l'azote par l'utilisation massive d'engrais chimiques. Les CFC : créations de l'industrie chimique. Production arrêtée presque partout, leur disparition lente a commencé.

Fait établi et complication : les activités humaines altèrent l'atmosphère avec la pollution par le dioxyde de soufre (SO2), qui tend à renforcer l'effet parasol sur certaines régions du globe.

Les émissions de ce gaz désagréable dépendent à la fois de processus naturels (éruptions

volcaniques) et de la combustion de charbon ou de pétrole contenant des impuretés de soufre. Dans l'atmosphère, ce gaz se transforme rapidement en gouttelettes d'acide sulfurique ou en d'autres particules soufrées. Tant que ces particules restent suspendues dans l'atmosphère (9 jours en moyenne), elles contribuent à l'effet parasol, à la fois par leur réflexion et par le fait qu'elles favorisent la condensation de très petites gouttelettes d'eau dans les nuages, les rendant plus réfléchissants.

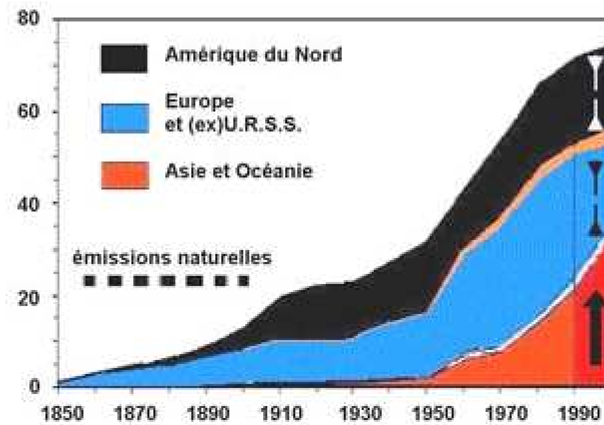


Fig.4 **Les émissions de so²** (en millions de tonnes de soufre par an) augmentent fortement en Asie depuis 1980, elles diminuent en Europe et en Amérique du Nord.

D'autres complications encore : les particules (suie, etc.) produites lorsqu'on brûle mal le charbon, le pétrole ou la biomasse. C'est le cas en Inde et en Chine. Bien que ces deux pays très peuplés produisent aujourd'hui moins de CO2 que l'ensemble (Etats-Unis, Union européenne, Japon, Canada, Australie), leurs émissions de particules sont bien plus fortes. Ces particules noires tendent à réduire la transmission du rayonnement solaire qui autrement réchaufferait la surface, mais elles absorbent ce rayonnement, ce qui réchauffe l'air à quelques km d'altitude. Toutefois, le temps de résidence atmosphérique de ces particules est limité, les effets se font sentir surtout à l'échelle régionale, et elles disparaîtront lorsque les nouvelles économies réduiront leur pollution. Le dioxyde de carbone, au contraire, s'accumule et se mélange dans l'atmosphère de toute la planète.

- Les variations

Les variations du passé moins récent : 420.000 ans d'histoire

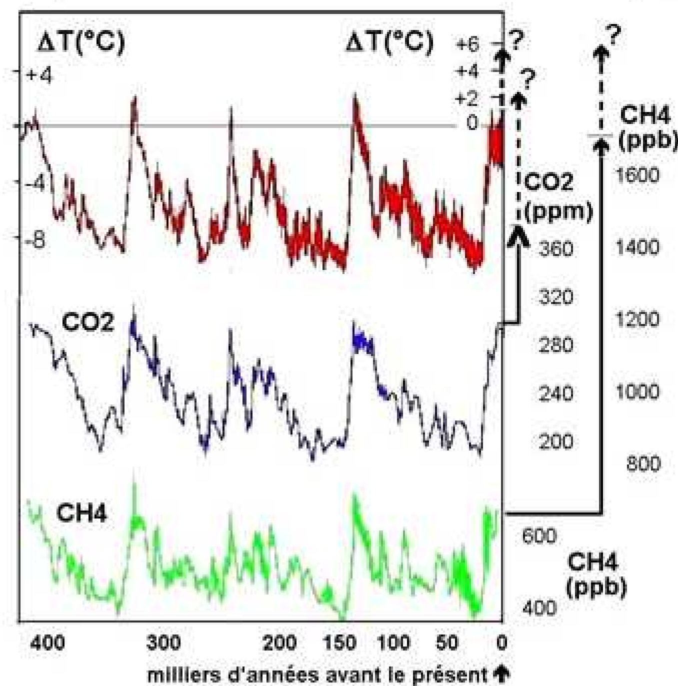


Fig. 5 - Variations du climat et de la composition de l'air depuis 420.000 ans. Les analyses faites au Laboratoire de Glaciologie et de Géophysique de l'Environnement (Grenoble), de la composition de bulles d'air piégées dans les glaces de Vostok (Antarctique) montrent que le CO2 et le CH4 ont varié en même temps que le climat, pour des raisons parfaitement naturelles. Toutefois, les augmentations du dernier siècle, qui résultent des activités humaines, sortent totalement de cette fourchette de variation naturelle. Les variations de la température et les alternances glaciaires - interglaciaires dans le volume des glaces sont déterminées à partir des rapports des isotopes d'hydrogène et d'oxygène

3°) Alors, où allons-nous ?

Incertitudes politico-économiques : *Quels gaz allons-nous émettre, et en quelles quantités, au cours des décennies à venir ?*

Incertitudes scientifiques : *Comment la composition de l'atmosphère changera-t-elle ? Comment le cycle de l'eau réagira-t-il ?*

Fait établi : le climat se réchauffe.

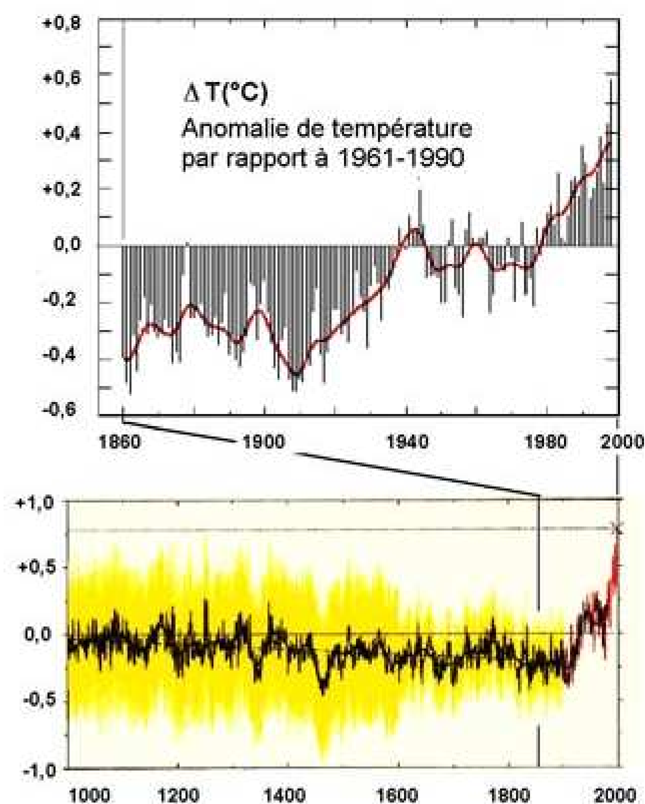


Fig. 6 - Le réchauffement observé depuis 1860 et la reconstruction du réchauffement depuis l'an mil. Les graphiques montrent l'écart des températures moyennes de l'air à la surface du globe, par rapport à la moyenne climatologique pour la période 1961-1990.

Ce que nous avons déjà vu comme changement climatique est peu comparé à ce que nous risquons de voir si nous continuons à augmenter les émissions de CO2 et de CH4.

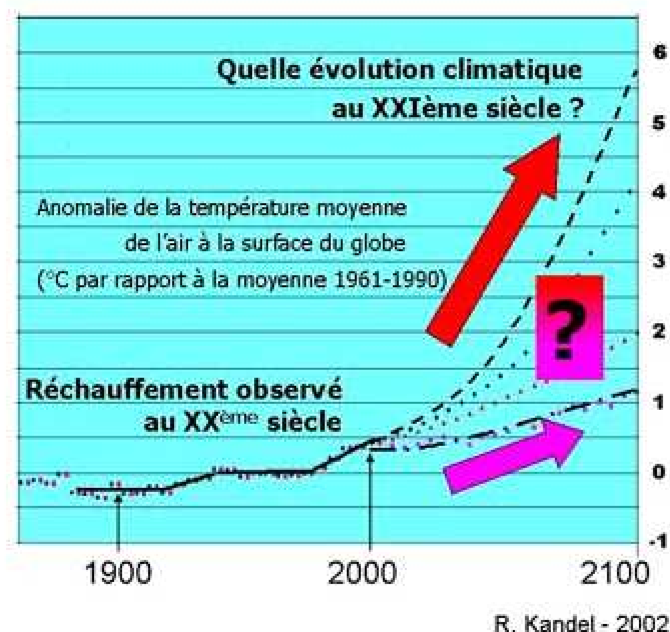


Fig. 7 – Projections de réchauffement pour le 21ème siècle.

Il n’y a pas que le réchauffement.

Nous risquons de voir s’installer une nouvelle donne pour l'eau douce, mais nous ne savons pas encore laquelle. Y aura-t-il plus ou moins d'eau douce disponible en Inde ? à l'est du Mississippi ?

Toutes les projections donnent davantage d'eau dans les pays nordiques, où les précipitations doivent augmenter. Pour le reste de l'Europe, les calculs prévoient moins d'eau en moyenne, mais certains calculs donnent beaucoup moins.

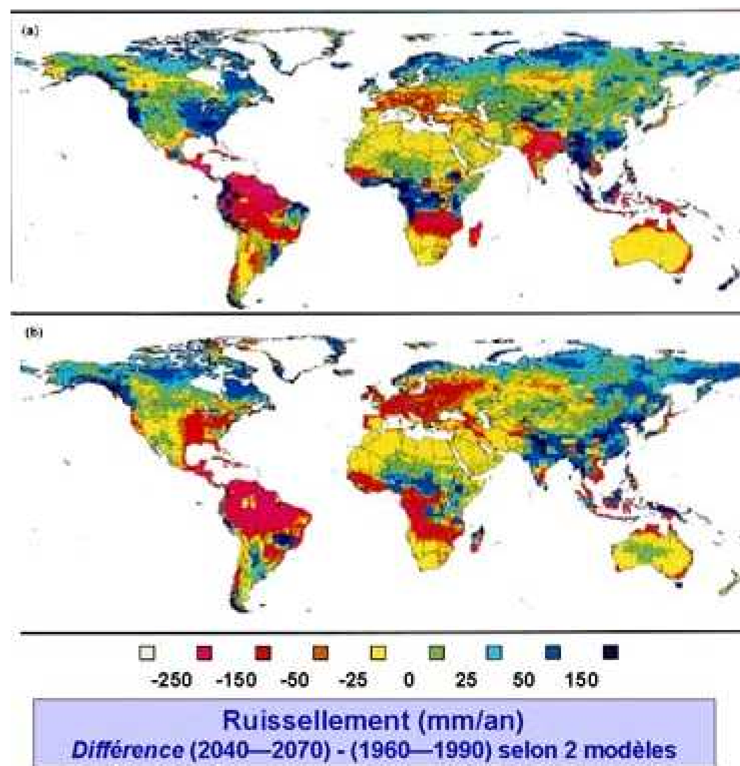


Fig. 8 : Augmentations et réductions du ruissellement (en mm/an). Prévisions pour le milieu du 21ème siècle, avec deux modèles différents appliqués au même scénario d'altération de l'atmosphère. D'après le rapport du GIEC (2001).

- En outre, que deviendront les risques d’inondations ? Cela dépend dans beaucoup de cas des épisodes rares de précipitations particulièrement fortes, et dans certains cas le risque d’inondations graves peut augmenter même si les précipitations moyennes diminuent.

4°) Quelques complications supplémentaires.

En évoquant les changements possibles dans le ruissellement, nous sommes bien entrés dans la complexité. Il est certes utile de commencer l’étude des processus climatiques en termes d’irradiation solaire, de l’effet parasol, et de l’effet de serre, tout étant considéré en moyenne globale (moyenne sur la surface du globe, moyenne sur l’année). Toutefois, cela reste une schématisation à l’extrême. Le climat est une affaire de flux d’énergie solaire répartis de manière non uniforme sur le globe, variant fortement avec la latitude, les

saisons, et l'heure. Ces non-uniformités agissent comme moteur de la circulation de l'atmosphère, et les mouvements atmosphériques mettent en mouvement les courants marins, tous ces mouvements étant affectés par la force de Coriolis due à la rotation de notre planète. L'énergie solaire inégalement répartie, absorbée et convertie en chaleur surtout dans les Tropiques, est redistribuée par la circulation de l'atmosphère et des océans vers les zones moins favorisées, dont la nôtre en France.

L'approche purement globale ne permet pas de comprendre les grandes alternances entre périodes glaciaires et interglaciaires (dont le schéma plus haut montre les derniers 420.000 ans). Le rythme de ces alternances dépend de très petites variations dans l'orbite de la Terre et dans l'inclinaison de son axe de rotation, qui modifient la répartition de l'irradiation solaire avec la latitude et les saisons. Mais si ces variations dites de Milankovitch contrôlent le rythme des alternances, l'amplitude de ces changements climatiques dépend de rétroactions d'une part de l'étendue des glaces sur l'effet parasol, d'autre part de la composition de l'atmosphère (vapeur d'eau et CO2 surtout) sur l'effet de serre.

- **Le temps est-il détraqué ?**

Altération de l'atmosphère, renforcement global de l'effet de serre, renforcements régionaux de l'effet parasol : tous ces changements entraînent nécessairement des modifications dans la circulation atmosphérique, dans la répartition des précipitations, dans les trajectoires préférées des tempêtes. Les cyclones, tempêtes, inondations et autres catastrophes qui font la une des média sont-ils les hérauts du réchauffement ? Non : le climat se définit par les caractéristiques statistiques du temps, sur une période de 30 ans. La variabilité en fait partie. Les hommes (surtout les populations croissantes du Tiers Monde) restent vulnérables aux violences du ciel, mais il n'est pas vrai que le nombre et la violence des tempêtes et des cyclones aient partout augmenté de manière systématique. Il s'agit là d'une légende qui ne devient pas fait établi à force d'être répétée.

Certains militants verts m'accuseront de respecter un quelconque tabou, mais au risque de désespérer le Larzac, je dois en tant que scientifique dire la vérité telle que je la vois. Au lieu d'attribuer chaque catastrophe au réchauffement (les inondations dans l'Aude en 1999, les pires "jamais" observées ¼ depuis 1940), on ferait mieux de se soucier d'améliorer la protection des vies et des biens, de se demander pourquoi on délivre des permis de (re) construction à répétition dans des plaines notoirement inondées ou des couloirs d'avalanches. Sur l'Atlantique Nord, on a peut-être observé davantage d'agitation aux années 1990 qu'aux années 1950 ; mais pas plus que vers 1900. Il en est de même pour les cyclones tropicaux. Aujourd'hui, les satellites d'observation et les télécommunications modernes nous apportent les images de chaque désastre où qu'il survienne sur le globe ; cela ne prouve pas qu'il y en ait davantage qu'autrefois. Et lorsqu'on cite l'augmentation spectaculaire des sommes déboursées par les assureurs on ne mentionne pas toujours l'augmentation de la valeur des biens exposés au risque et assurés.

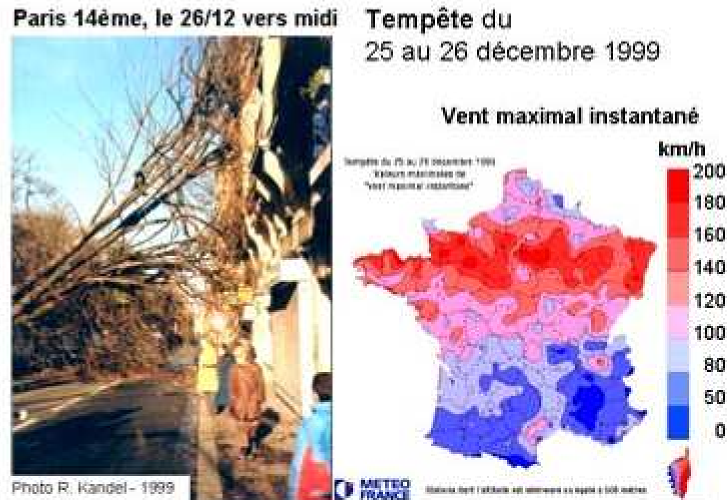


Figure 9 - La tempête du 25-26 décembre 1999.

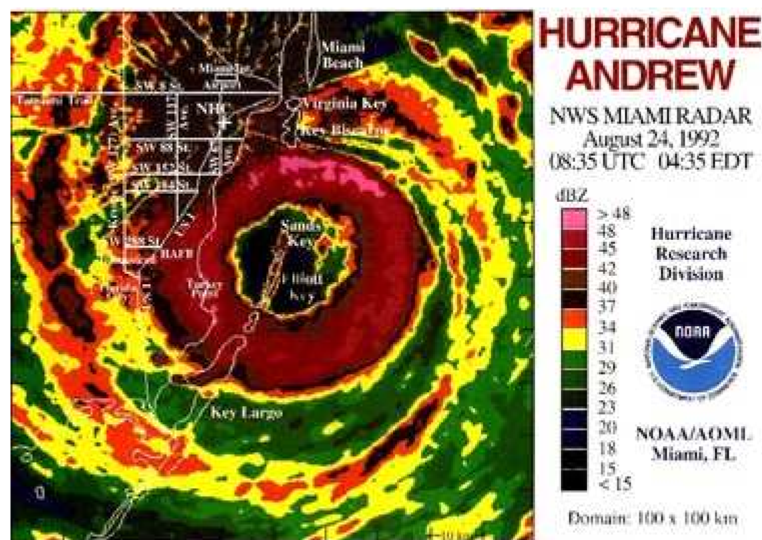


Fig. 10 - Dernière image radar enregistrée le 24 août 1992, quelques minutes avant que le vent de l'ouragan Andrew (150 nœuds, 267 km/h) eut arraché l'antenne du toit de la station, à Miami. Les couleurs représentent l'intensité (en dBZ) du signal renvoyé, qui dépend de la quantité d'eau sous forme liquide dans les nuages du cyclone.

- **Il faut cependant se soucier de l'avenir**

On saura mieux prévoir les intempéries et se protéger, mais les sociétés modernes et complexes deviennent plus vulnérables à d’autres égards — que l’on pense aux réseaux de distribution d’électricité, aux transports, aux télécommunications. Au cours des prochaines décennies, le climat changera bien plus qu’au 20ème siècle, et ce changement ne sera pas limité à un réchauffement "global" ; il est certain que les risques d’événements extrêmes (sécheresses prolongées, pluies très fortes, tempêtes…) vont changer, et cela pour le pire dans certaines régions. Il faudra en tenir compte pour la sécurité des personnes, pour les infrastructures à longue durée de vie, pour l’aménagement du territoire, pour la gestion des forêts, pour les assurances.

- **Une parenthèse : l'activité solaire ?**

Source ultime de 99,97% des flux d'énergie qui traversent l'atmosphère de notre planète, notre Soleil ne varie-t-il pas ? Si ce que l'on appelle à tort la "constante solaire" (l'irradiation solaire à la distance moyenne Soleil-Terre en dehors de l'atmosphère), devait augmenter de seulement 1,5% (de 1367 à 1389 watts par mètre carré), cela aurait autant d'effet ("forçage radiatif" dans le jargon spécialisé) qu'un doublement du CO2. Seulement voilà : les mesures précises depuis l'espace (il est vrai qu'ils n'existent que depuis les années 1970) indiquent seulement des fluctuations très rapides pouvant atteindre 0,4% et une variation d'amplitude 0,1% suivant le cycle de 11 ans de l'activité solaire, fluctuations bien faibles et trop rapides pour influencer le climat. Il est concevable qu'une augmentation durable de 0,3% de la luminosité solaire entre 1850 et 1950 explique une partie du réchauffement d'alors. Les mesures solaires de cette période n'ont pas la précision nécessaire pour décider cette question, le calcul des possibilités de fluctuations solaires ne l'a pas encore.

Pour le siècle à venir, un doublement de CO2 paraît presque certain, une variation solaire de 0,3%, sans même parler de 1,5%, tout à fait hypothétique. Bien sûr, il existe une abondante littérature scientifique de travaux sérieux dans de nombreux instituts et observatoires : corrélations statistiques entre tel ou tel paramètre météorologique ou climatique avec tel ou tel indice d'activité solaire (sans parler des corrélations moins sérieuses avec les cours de la bourse ou la longueur des jupes !). On sait que l'activité solaire module l'état physique de la thermosphère, à quelques centaines de kilomètres d'altitude. On imagine des mécanismes physiques qui feraient que les fluctuations bien réelles du rayonnement ultraviolet, des émissions de particules et du vent solaire influenceraient la troposphère (couches d'altitude inférieure à 10 km) où se jouent la météorologie et le climat.

Cependant, à mon avis, on n'a jamais démontré par modélisation quantitative l'action effective de l'un quelconque de ces mécanismes qualitativement plausibles. De plus, j'estime que, pour la plupart, les analyses statistiques prétendant révéler le rôle de l'activité solaire dans les variations climatiques souffrent de graves défauts, reposant souvent sur des séries trop courtes, parfois sur un raisonnement circulaire. D'autres scientifiques pensent le contraire. Cela reste un sujet de débat. En même temps, je relève que la recherche frénétique d'une explication solaire (tout, plutôt que le CO2 !) pour le réchauffement climatique du 20ème siècle fait bien partie du discours pseudo-scientifique diffusé (à l'occasion sous forme de plaquettes de format imitant celui d'articles de la revue scientifique Nature) sous les auspices des lobbies anti-régulation liés à certains producteurs du charbon et du pétrole. Après avoir maintes fois cité, sans aucune critique, les travaux intéressants conduits sur les relations Soleil-Terre à l'Institut Météorologique Danois, on découvre soudain les limites de la statistique¼ le jour où les chercheurs danois annoncent que la statistique révèle autre chose qu'une influence solaire !

5°)Le changement climatique du 21ème siècle

- **Les incertitudes des projections**

Quel crédit accorder à des projections qui, pour le siècle à venir, s'échelonnent de 1 à 6 degrés de réchauffement moyen ? Eventail très large, trop large, mais il faut comprendre que chacune de ces projections résulte (i) d'un scénario d'émissions dépendant d'hypothèses sur les décisions politiques et économiques, le développement et les mutations technologiques ; (ii) de l'estimation de l'évolution et de la répartition géographique des perturbations des flux énergétiques (le forçage radiatif) entraînées par ces émissions, évolution qui dépend de la physico-chimie complexe des nuages et des aérosols, des échanges de CO2 et des autres gaz entre atmosphère, biosphère et océans, de la perturbation des propriétés optiques des nuages, du transport des particules

atmosphériques (aérosols) et de leur lessivage par les précipitations ; et (iii) du calcul de la réponse de l'atmosphère et de l'océan, c'est-à-dire la statistique de l'ensemble de changements de température, humidité, précipitations, nébulosité, vents et courants que mettent en route ces perturbations. La projection extrême de 6 degrés de réchauffement vient d'un modèle climatique relativement sensible, couplé à un scénario dans lequel l'augmentation des émissions de CO2 et d'autres gaz à effet de serre se poursuit sur un rythme accéléré, alors que la généralisation des mesures anti-pollution entraîne une diminution des émissions de SO2. Les scénarios étudiés avant 1990 comportaient des expériences numériques rigoureuses où l'on ne changeait qu'une chose à la fois ¾ le CO2 — sans modifier la production de particules par la pollution soufrée. Dans certaines des projections plus récentes, avec des scénarios moins propres mais plus réalistes, le renforcement de l'effet parasol compense en partie l'intensification de l'effet de serre, d'où moins de réchauffement. La sensibilité du modèle climatique n'a pas nécessairement changé. Se moquer des modèles sans essayer de comprendre et d'expliquer la nature des simulations fait aussi partie d'un certain discours pseudo-scientifique sinon franchement antiscientifique.

Ce que l'on néglige trop souvent de dire, c'est que les modèles ne sont pas de simples "extrapolations" ; ils sont la numérisation des lois fondamentales de la physique ¾ lois de Newton, principes de conservation de l'énergie et de la matière, appliquées à notre planète. Les incertitudes du calcul de l'évolution climatique proviennent de la nécessité de schématiser, de représenter la complexité de la Terre avec un nombre relativement petit de paramètres sur une grille dont les cellules font typiquement une centaine de kilomètres de côté, un kilomètre en épaisseur, de représenter par quelques relations simples ce qui se passe à l'intérieur de chaque cellule. Les rétroactions des nuages et de la vapeur d'eau dépendent à la fois des transports d'eau à l'échelle planétaire et des processus de condensation à l'échelle microscopique, difficiles à représenter ensemble dans un seul modèle.

- **Et si le climat change ?**

Ce ne sera pas la fin du monde. La Terre en a vu d'autres. Mais pour nous humains ? L'inondation imminente de toutes les plaines côtières, un épouvantail ? D'ici 3000 ans, qui sait ? De toute manière, même une montée modeste de la mer (60 cm d'ici 2100 ?) augmentera les risques associés aux surcotes lors des passages de tempêtes et cyclones. On se plaindra de la chaleur, on mourra moins de froid. Ici, la sécheresse ; là, le déluge. Les tempêtes changeront de trajectoires, devenant plus violentes ici, moins fréquentes là. Faut-il se faire peur en évoquant le spectre d'une extension des maladies "tropicales" ? Sans qualification particulière pour discourir sur la santé, je ne puis m'empêcher de penser que le risque climatique ne représente qu'une petite partie du problème. L'Europe et l'Amérique du Nord ont connu le paludisme et les grandes pandémies de choléra au 19ème siècle, alors qu'il faisait plus froid. Aujourd'hui, les transports aériens font la courte échelle aux moustiques vecteurs de maladies, et dans les villes, même sans changement climatique, les coins chauds pour passer l'hiver ne manquent guère. Il me semble que les grands problèmes de santé des prochaines décennies, qui affectent déjà des dizaines de millions de personnes ou plus, ne seront pas dus au climat : le SIDA en Afrique et ailleurs, et au Bangladesh l'empoisonnement progressif de la population par l'arsenic d'origine naturelle contenu dans l'eau "propre" pompée à quelques dizaines de mètres de profondeur.

- **Le grand risque - un choc climatique**

De par sa rapidité, le réchauffement du 21ème siècle pourrait néanmoins durement éprouver les capacités d'adaptation de la biosphère naturelle et des sociétés humaines. Avec une nouvelle carte des précipitations et des évaporations, les forêts devront se déplacer ; elles ont su le faire au cours des millénaires qui ont suivi le recul des glaces, mais en moins d'un siècle, l'homme devra les prendre en charge. Les agriculteurs devront s'adapter au nouveau partage de l'eau, les assureurs calculer la nouvelle carte de risques, les villes veiller à leur approvisionnement en eau, plus difficile ici, plus facile là. Ce ne sera pas une petite affaire, et si l'on soutient que la Vie a toujours su s'adapter ou se remettre

des catastrophes, cela représente une piètre consolation pour les dinosaures du Crétacé, pour les Vikings du Groenland.

- **Altération de l'atmosphère et activité économique**

Aujourd'hui, les émissions annuelles de CO2 par habitant vont de 20 tonnes aux Etats-Unis et 9 pour l'Union Européenne (6 seulement pour la France, grâce au nucléaire), à moins de 2 pour les pays du Tiers Monde. Contrairement à ce que l'on lit parfois, le problème n'est pas principalement dans la croissance des populations au Tiers Monde. Les pays pauvres à très forte croissance démographique tendent à rester pauvres, à avoir les plus faibles taux de développement et d'émission de CO2 ; les pays à forte croissance économique, comme la Chine, sont en voie de maîtriser leur démographie. Suivront-ils le modèle du gaspillage tous azimuts ? Mais qui gaspille le plus ?

Jusqu'ici, les seuls pays ayant réduit substantiellement leurs émissions de gaz à effet de serre sont ceux de l'ancien bloc soviétique, suite à leur effondrement économique. Ce n'est pas encourageant, mais il ne faut pas confondre causes et effets. De plus, si au lieu de citer les émissions de CO2 par habitant, on examine les émissions en termes de production de biens, on constate que là où le monde américano-australien émet à peu près une tonne de CO2 pour mille dollars (ou euros) de produit intérieur brut, le Japon et les pays Europe occidentale n'émettent qu'entre 300 et 600 kg de CO2 pour produire la même quantité de biens. Malgré quelques progrès récents, les pays de l'ancien bloc soviétique émettent environ 2 tonnes ou plus de CO2 (et beaucoup plus avant 1990), utilisant donc l'énergie fossile encore bien plus mal que l'Amérique et l'Australie. La Chine aussi émet bien plus d'une tonne de CO2 pour produire mille dollars de biens, mais avec son développement économique ce rapport d'inefficacité diminue, et la Chine semble pouvoir s'enrichir sans nécessairement augmenter ses émissions de CO2 par habitant.

Il faut engager et accélérer ce processus, apprendre à faire plus et mieux avec moins, partout dans le monde.

La question reste posée : saura-t-on utiliser les possibilités des technologies modernes (pas seulement électronucléaires) pour améliorer le niveau de vie dans le monde sans pour autant accélérer l'altération de l'atmosphère et le réchauffement ? Plus difficile : quand parviendra-t-on à réduire à zéro l'émission nette de gaz à effet de serre ?

6°) Biobliographie

- Avis de tempête sur le climat. M.-O. Monchicourt et R. Kandel, Platypus Press, Paris, 2002.

- Climat d'hier à demain, S. Joussaume, CNRS-éditions/CEA, Paris, 1999.

- Les Eaux du ciel, R. Kandel, Hachette-Littératures (Sciences), Paris, 1998.

- L'Effet de serre : Allons-nous changer le climat, H. Le Treut et J.-M. Jankovici, Flammarion (Dominos), Paris, 2001.

- L'Evaluation de l'ampleur des changements climatiques, de leurs causes et de leur impact prévisible sur la géographie de la France à l'horizon 2025, 2050 et 2100. M. Deneux, Sénateur. Rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques (OPECST). Assemblée Nationale N° 3603, Sénat N° 224. Paris, 2002.

- Le Réchauffement climatique, R. Kandel, Presses Universitaires de France (Que sais-

je ?), Paris, 2002.

Quelques sites Internet (en partie en français) :

www.cnrs.fr/dossiers/dosclim/ Centre National de la Recherche Scientifique

www.ec.gc.ca (Environnement Canada)

www.effet-de-serre.gouv.fr Mission interministérielle de l'effet de serre

www.giss.nasa.gov (NASA Goddard Institute for Space Studies)

www.ipcc.ch (Groupe Intergouvernemental d'experts sur l'Evolution des Climats)

www.unfccc.de (secrétariat, Convention-cadre de l'ONU sur les changements climatiques);

www.wmo.ch (Organisation Météorologique Mondiale);

Pour des images des satellites météorologiques et autres:

www.meteo.fr (Météo-France)

www.eumetsat.de (Eumetsat - programme Météosat)

www.earthobservatory.nasa.gov (NASA - images de la Terre)

www.noaa.gov (National Oceanic and Atmospheric Administration - U.S.A.)

Exemples d'organisations "vertes" et "noires"

www.panda.org/climate/ (WWF : Fonds Mondial pour la Nature)

www.greenpeace.org

www.marshall.org (George C. Marshall Institute)

www.api.org/globalclimate/ (American Petroleum Institute)

Retrouvez cet article à l'adresse : http://www.futura-sciences.com/comprendre/d/dossier179-1.php
Attention ! Nous vous rappelons que l'impression de l'article affiché à l'écran n'est destinée qu'à un usage strictement personnel.



© Futura-Sciences. Tous droits réservés.